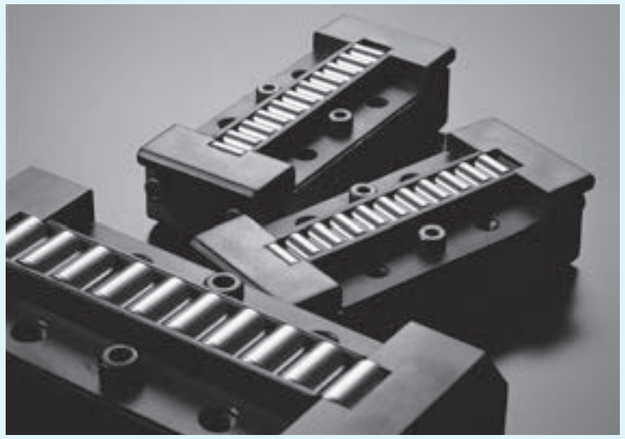
综 合 解 说



额定负荷和寿命

直线导向设备的寿命

即使在正常状态下运行，直线导向设备超过一定的运行期间后也会达到寿命。直线导向设备的轨道面和滚动体一直反复承受负荷，因材料的滚动疲劳产生表面剥离(疲劳剥落)，无法继续使用。从开始使用到轨道面或滚动体出现表面剥落，所行走的总距离称作直线导向设备的寿命。

由于直线导向设备的寿命因材料的疲劳现象而长短不一，所以我们采用经统计处理后的额定寿命。

额定寿命

直线导向设备的额定寿命是指一组相同的直线导向设备在相同的条件下分别运行，当其中90%的直线导向设备还未因滚动疲劳而产生材料损伤时可行走的总距离([1])。

注([1])　直线旋转衬套的额定寿命以总转数来表示。

基本额定动负荷 C

基本额定动负荷是指一组相同的直线导向设备分别运行时，理论上能承受表1所示的额定寿命的一定方向和大小的负荷。

表1　额定负荷

系列	额定寿命
交叉滚子直线导轨 平面滚子轴承、平面滚针轴承	100×10^3m
滚珠滑组 滚珠花键 直线衬套	50×10^3m
直线旋转衬套	10^6转

基本额定静负荷 C_0

基本额定静负荷是指在承受最大负荷的滚动体和轨道的接触部中央，产生一定大小的接触应力时的静负荷，是正常滚动运动的容许极限负荷。一般应研究静态安装系数后使用。

容许负荷 F

在产品承受最大接触应力的接触部位，滚动体和轨道面的弹性变形之和较小，能进行顺畅的滚动运动的负荷即称为容许负荷。

因此，需要非常流畅的运动及高精度时，请在负载负荷不超过容许负荷的范围内使用。

额定动扭矩 T

额定动扭矩是指一组相同的滚珠花键分别行走50×10^3m的距离，当其中90%的滚珠花键未因滚动疲劳而产生材料损伤时，所施加的一定方向和大小的扭矩。

额定静扭矩 T_0
额定静力矩 T_0、T_X、T_Y

额定静扭矩及额定静力矩是指承受扭矩或力矩负荷(参照图1)时，在承受最大负荷的滚动体和轨道的接触部中央，产生一定大小接触应力时的静态扭矩或力矩，是正常滚动运动的容许极限扭矩或力矩。一般应研究静态安装系数后使用。

负荷方向与额定负荷

根据负荷方向修正额定负荷后使用直线导向设备。修正尺寸表所示的基本额定动负荷、基本额定静负荷后使用时，修正值因系列不同而有所差异，请参照各系列解说。

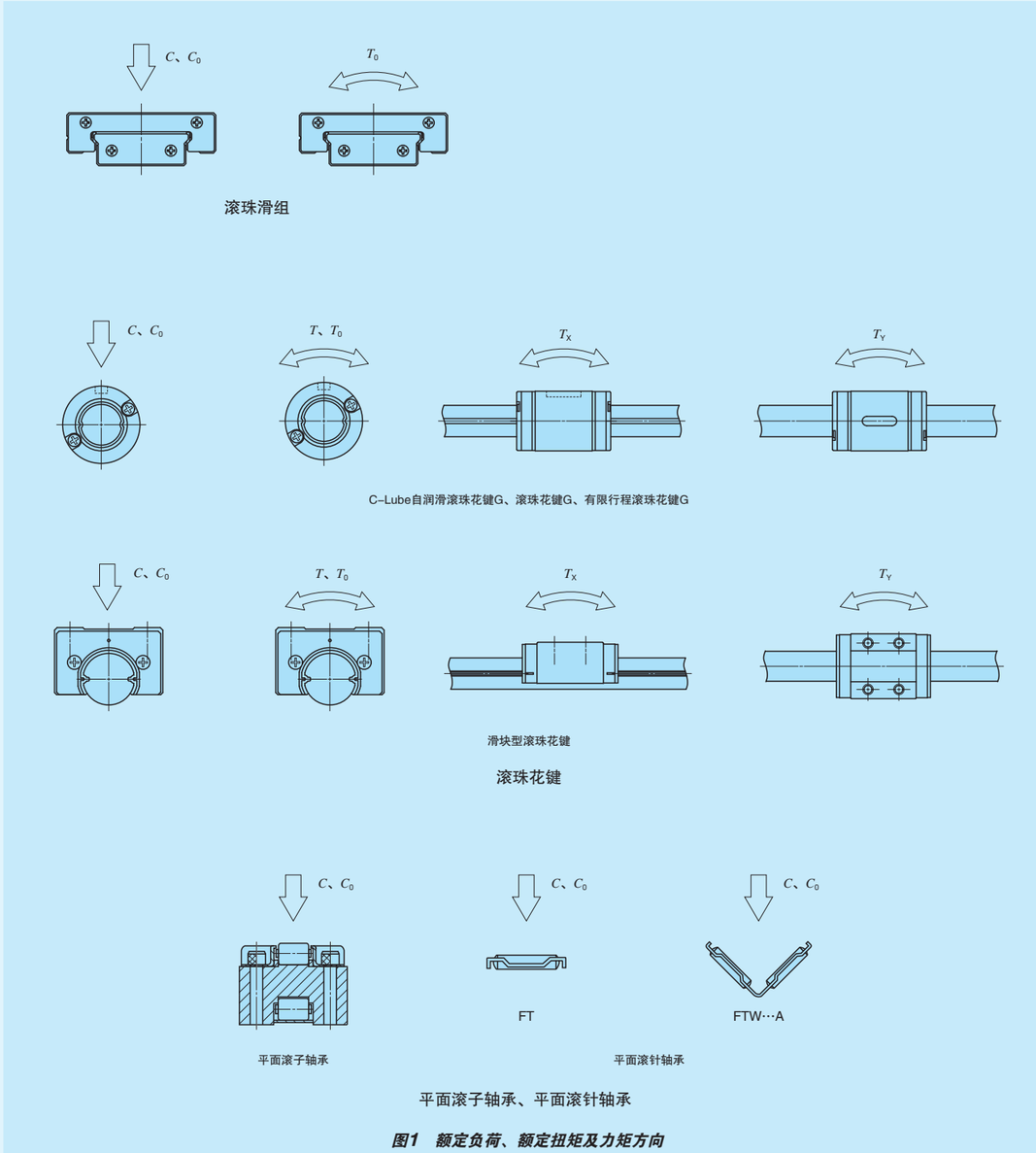


图1　额定负荷、额定扭矩及力矩方向

备注　交叉滚子直线导轨、直线衬套请参照各系列产品的解说。

寿命计算公式

直线导向设备的额定寿命与基本额定动负荷之间的关系如表2.1、表2.2所示。

表2.1　各系列的寿命计算公式

系列	额定寿命的计算公式		标记的说明
	总行走距离 10^3m	寿命时间 h	
交叉滚子直线导轨 平面滚子轴承、平面滚针轴承	$L=100\left(\frac{C}{P}\right)^{\frac{10}{3}}$	$L_h=\frac{10^6L}{2Sn_1\times60}$	L：额定寿命 10^3m C：基本额定动负荷 N T：额定动扭矩 N・m P：当量动负荷(或负载负荷) N M：负荷扭矩 N・m L_h：用时间表示的额定寿命 h S：行程长度 mm n_1：每分钟往返次数 cpm
滚珠滑组 直线衬套	$L=50\left(\frac{C}{P}\right)^3$		
滚珠花键	$L=50\left(\frac{C}{P}\right)^3$ $L=50\left(\frac{T}{M}\right)^3$		

表2.2　直线旋转衬套的寿命计算公式

系列	额定寿命的计算公式		标记的说明
	总转数 10^6转	寿命时间 h	
旋转运动	$L=\left(\frac{C}{P}\right)^3$	$L_h=\frac{10^6L}{60\sqrt{(D_{PW}\,n)^2+(10Sn_1)^2}/D_{PW}}$	L：额定寿命 10^6转 C：基本额定动负荷 N P：负载负荷 N L_h：用时间表示的额定寿命 h n：转速 rpm n_1：每分钟往返次数 cpm S：行程长度 mm D_{PW}：滑套滚珠圆心距离 mm ($D_{PW}\approx1.15F_W$) F_W：内接圆直径 mm
旋转与往复的复合运动			
往复直线运动		$L_h=\frac{10^6L}{600Sn_1/(\pi D_{PW})}$	

温度系数

如果工作温度超过150℃，则容许接触应力会降低，因此应根据下式修正基本额定动负荷。

$$C_t=f_t\,C \cdots\cdots(1)$$

式中　C_t：考虑了温度上升因素的基本额定动负荷 N
f_t：温度系数(参照图2)
C：基本额定动负荷 N

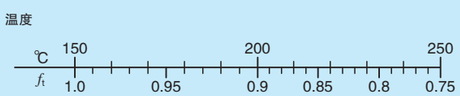


图2　温度系数

硬度系数

轨道面的硬度须为58～64HRC。低于58HRC时，应根据下式修正基本额定动负荷。

$$C_H=f_H\,C \cdots\cdots(2)$$

式中　C_H：考虑了硬度因素的基本额定动负荷 N
f_H：硬度系数(参照图3)
C：基本额定动负荷 N

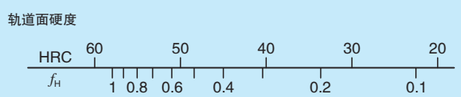


图3　硬度系数

负荷系数

作用于直线导向设备上的负荷会因机械的振动或冲击等而大于其理论负荷。一般要乘上表3中的负荷系数，求出负载负荷。

表3　负荷系数

运行条件	f_w
无冲击的顺畅运行时	1　～1.2
一般运行时	1.2～1.5
伴随冲击负荷运行时	1.5～3

静态安全系数

一般来说，基本额定静负荷及额定静力矩(或额定静扭矩)是作为能否正常滚动的容许极限负荷来考虑的，但由于要对应直线导向设备的使用条件和所要求的直线导向设备的性能，所以有必要研究静态安全系数。

可按下式求出静态安全系数，表4所示为一般的值。

此外，公式(4)是相对于力矩或扭矩的典型公式，对应各方向的额定静力矩和最大力矩计算得出。

$$f_S=\frac{C_0}{P_0} \cdots\cdots(3)$$

$$f_S=\frac{T_0}{M_0} \cdots\cdots(4)$$

式中　f_S：静态安全系数
C_0：基本额定静负荷 N
P_0：当量静负荷 N
(或承载负荷(最大负荷))
T_0：额定静力矩 N・m
(或额定静扭矩)
M_0：各方向的力矩或扭矩 N・m
(最大力矩或最大扭矩)

表4　静态安全系数

系列	使用条件与静态安全系数		
	有振动、冲击时	要求高行走性能时	一般运行条件时
交叉滚子直线导轨	4　～6	3～5	2.5～3
滚珠滑组	3　～5	2～4	1　～3
滚珠花键	5　～7	4～6	3　～5
直线衬套	2.5	2	1.5
直线旋转衬套	2.5	2	1.5
平面滚子轴承、平面滚针轴承	4　～6	3～5	2.5～3

预压

预压的目的

当直线导向设备的负荷小且需要轻盈动作时，有时会让直线导向设备保留一些间隙进行使用。但根据用途，有时需要去除导轨游隙，提高导轨刚性，就会加一定的预压进行使用。

预压使轨道面与滚动体的接触部预先产生内部应力。这样从外部施加于直线导向设备的负荷，就会被这种内部应力所吸收，从而控制弹性变形量，提高刚性。(参照图4)

预压的设定

预压量的大小应考虑安装直线导向设备的机械和装置等的特性，以及负荷是如何作用于直线导向设备等的因素来决定。一般标准是，滚动体为钢球时，直线导向设备的预压为负荷的1/3左右；滚动体为圆柱滚子时，预压为负荷的1/2左右，但是如果受到的是振动负荷或变动负荷，特别需要高刚性时，应设定更大的预压。

选择预压时的注意事项

如果为了追求高刚性而设定过大的预压，滚动体与轨道之间就会产生过大的应力，减少直线导向设备的使用寿命。因此，根据使用条件在适当的预压量下运行是十分重要的。要设定大预压时，请咨询IKO公司。

此外，须注意不能向直线衬套及直线旋转衬套施加过大的预压。

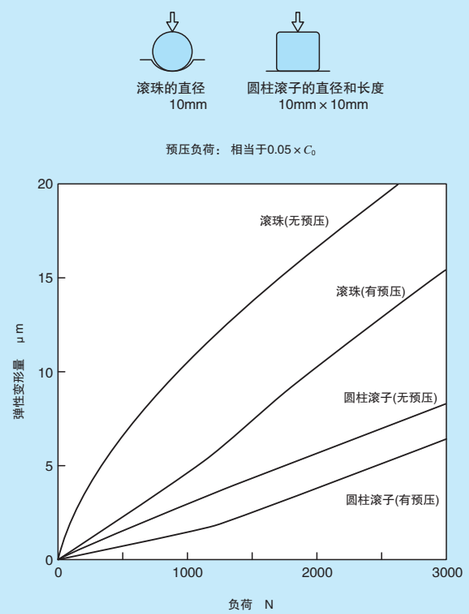


图4　预压与弹性变形特性

摩擦

直线导向设备的摩擦

直线导向设备与滑动导向设备相比，具有静摩擦(起动摩擦)小，与动摩擦的差也小，而且速度不同时的摩擦阻力变化小的优异特长。因此，机械的动力损失少，直线导向设备内部的温度上升也小，能实现高速运动。

此外，由于摩擦阻力小变动少，所以对运动指令的响应性好，能够高精度定位。

摩擦系数

直线导向设备的摩擦阻力会受到直线导向设备的形式、承载负荷、速度、润滑剂特性等的影响。一般来说，轻负荷、高速运行时，润滑剂和密封是主要影响因素；重负荷、低速运行时，负荷的大小是主要影响因素。决定直线导向设备摩擦阻力的因素虽然比较复杂，但一般可用下面的公式来表示。

$$F = \mu P \quad \cdots\cdots (3)$$

式中　F：摩擦阻力 N
　　μ：动摩擦系数
　　P：负载负荷 N

此外，附带密封件时要在该值上加上密封件的阻力，密封件的阻力受密封唇过盈量及润滑状态的影响很大，并不相同。

在正确的润滑条件及安装条件下，一般负荷时，直线导向设备运行时的摩擦系数大致在表5的范围内。一般在小负荷区域，摩擦系数大多为较大的值。

表5　摩擦系数

系列名称	动摩擦系数 μ (1)
交叉滚子直线导轨	0.0010～0.0030
滚珠滑组	0.0010～0.0020
滚珠花键	0.0020～0.0040
直线衬套	0.0020～0.0030
直线旋转衬套	0.0006～0.0012
平面滚子轴承	0.0020～0.0040
平面滚针轴承	0.0010～0.0030

注(1)　摩擦系数不包含密封件的值。

润滑

润滑的目的

给直线导向设备加注润滑剂的目的是为了防止直线导向设备内部的轨道面与滚动体之间等的金属接触，减少摩擦和磨损，防止发热和烧结。当轨道面与滚动体的滚动接触面形成充分的油膜时，也具有降低因负荷而产生的接触应力的效果。管理好润滑工作，充分形成油膜对确保直线导向设备的可靠性是十分重要的。

润滑剂的选择

要充分发挥出直线导向设备的性能，就必须根据直线导向设备的形式、负荷、速度等，选择合适的润滑剂种类和润滑方法。但是，直线导向设备与滑动导向设备相比，对润滑剂的依赖性极小，所以供油量小，补给间隔也长，能大幅度地减轻维护管理的负担。直线导向设备所用的润滑剂大致可分为润滑脂和润滑油两种。

润滑脂润滑

直线导向设备一般使用锂皂基润滑脂(JIS稠度编号2号)，用于重负荷时，推荐使用添加极压添加剂的润滑脂。

在洁净环境和高真空环境下，可使用以合成油为基础油的或锂类以外的皂基等低尘、低挥发的润滑脂。在这些环境下使用时，直线导向设备在符合使用条件的同时，必须充分考虑如何满足润滑性能。

表6　封入润滑脂一览

系列名称	封入润滑脂
C-Lube自润滑滚珠花键G 滚珠花键G	Alvania EP润滑脂2 [昭和壳牌石油株式会社]
滑块型滚珠花键	Multemp PS No.2 [协同油脂株式会社]

润滑脂的补给间隔

即使是高质量的润滑脂，其性能也会随运行时间而老化，因此必须进行适当补充。润滑脂的补给间隔因条件而异，一般为每6个月一次，对于长距离往复运动的机械等，推荐每3个月加一次润滑脂。

内置“C-Lube自润滑部件”的直线导向设备实现了长时间免维护，省去了直线导向设备不可缺少的润滑剂供油机构和供油工时，可大幅度降低维护成本。

润滑脂的加注方法

从脂嘴等加脂装置充分注入润滑脂，直到排出旧润滑脂为止。加注后进行磨合运行，多余的润滑脂会被排出直线导向设备，将要排出的润滑脂去除后再开始运行。

润滑脂的加注量标准为直线导向设备内部空间容积的1/3到1/2左右的比例，初次从脂嘴加注润滑脂时，会有一部分损失在加注路径内，因而有必要考虑该损失因素。

一般加注润滑脂后，运动阻力有增大的倾向。排出多余的润滑脂后，再进行10～20往复的磨合运行，运动阻力会变小，达到稳定。

此外，对于运动阻力大会成问题的用途，也可减少润滑脂的加注量，但是要保证所加注的量不影响润滑性能。

不同种类润滑脂的混合使用

将不同种类的润滑脂混合，基础油、皂基、添加剂的性状会发生变化，使润滑性能极度下降，并可能因添加剂的化学变化等引起故障，所以请将旧的润滑脂完全去除后再加注新的润滑脂。

润滑油润滑

用润滑油润滑时，负荷越大，越应选择高稠度的润滑油；速度越高，越应选择低稠度的润滑油。常常有重负荷作用的直线导向设备一般使用68mm²/s左右的润滑油，而对于轻负荷高速运动的直线导向设备则使用13mm²/s左右的润滑油。

“C-Lube”自润滑部件

C-Lube自润滑滚珠花键G内置有“C-Lube”自润滑部件。

C-Lube自润滑部件是将粒度极小的树脂粉末经过烧结成形制成多孔连通的烧结树脂，利用内部空间产生的毛细管现象，浸含大量润滑油的润滑部件。

润滑油不是供给花键轴，而是直接供给滚珠(钢球)。滚珠接触内置于外筒循环通道的C-Lube自润滑部件时，润滑油会粘附在滚珠的表面，再通过循环输送到负荷区域。因此，负荷区域能够始终确保最佳油量，长期保持润滑性能。

C-Lube自润滑部件表面始终有润滑油。滚珠接触C-Lube自润滑部件表面后，在表面张力的作用下，润滑油不断地被供给到滚珠表面。

表7　用于直线导向设备的润滑脂品牌

品牌		基础油	增稠剂	工作温度范围(2) ℃	用途
Alvania EP润滑脂2	[昭和壳牌石油株式会社]	矿物油	锂	−20～110	一般用途・添加极压添加剂
Alvania S2润滑脂	[昭和壳牌石油株式会社]	矿物油	锂	−25～120	一般用途
Multemp PS No.2	[协同油脂株式会社]	合成油・矿物油	锂	−50～130	一般用途
IKO洁净环境用 低发尘润滑脂CG2	[日本东晟株式会社]	合成油	尿素基	−40～200	洁净环境用 长寿命
IKO洁净环境用 低发尘润滑脂CGL	[日本东晟株式会社]	合成油・矿物油	锂 /钙	−30～120	洁净环境用 低滑动
DEMNUM™润滑脂L-200(1)	[大金工业株式会社]	合成油	四氟乙烯	−60～300	洁净环境用
FOMBLIN®Y-VAC3(1)	[苏威苏莱克斯(Solvay Solexis)公司]	合成油	四氟乙烯	−20～250	真空用
IKO耐打滑磨损 润滑脂AF2	[日本东晟株式会社]	合成油	尿素基	−50～170	耐打滑磨损
6459润滑脂N	[昭和壳牌石油株式会社]	矿物油	聚尿素基	−	耐打滑磨损

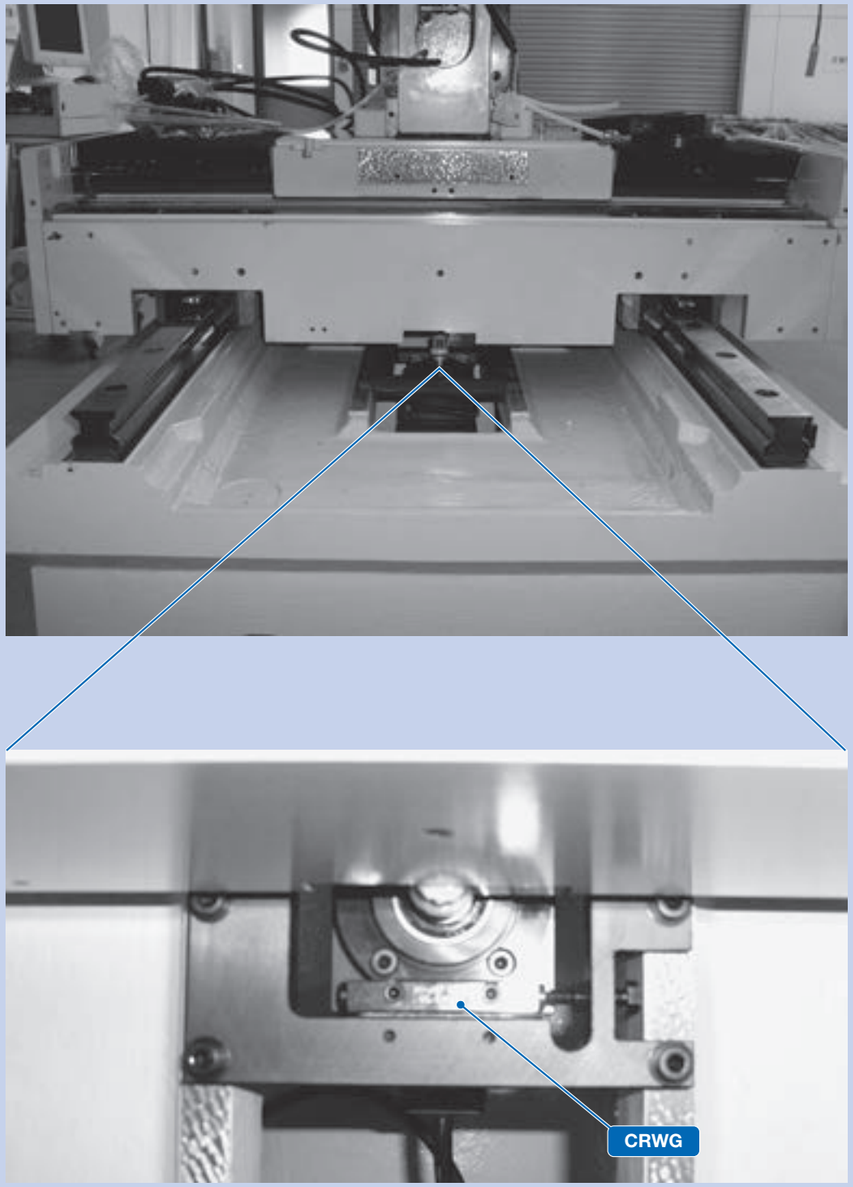
注(1)　请将补给间隔设定得短一些。
　(2)　工作温度范围是引用润滑脂厂家产品目录中的数值，并不能保证长时间在高温环境下使用。
备注1. FOMBLIN®是苏威苏莱克斯(Solvay Solexis)公司的注册商标。
　　2. 使用时请对照所选择的润滑脂生产厂家的产品目录。
　　关于所列用途以外的润滑脂，请向IKO咨询。

使用实例介绍

使用实例介绍

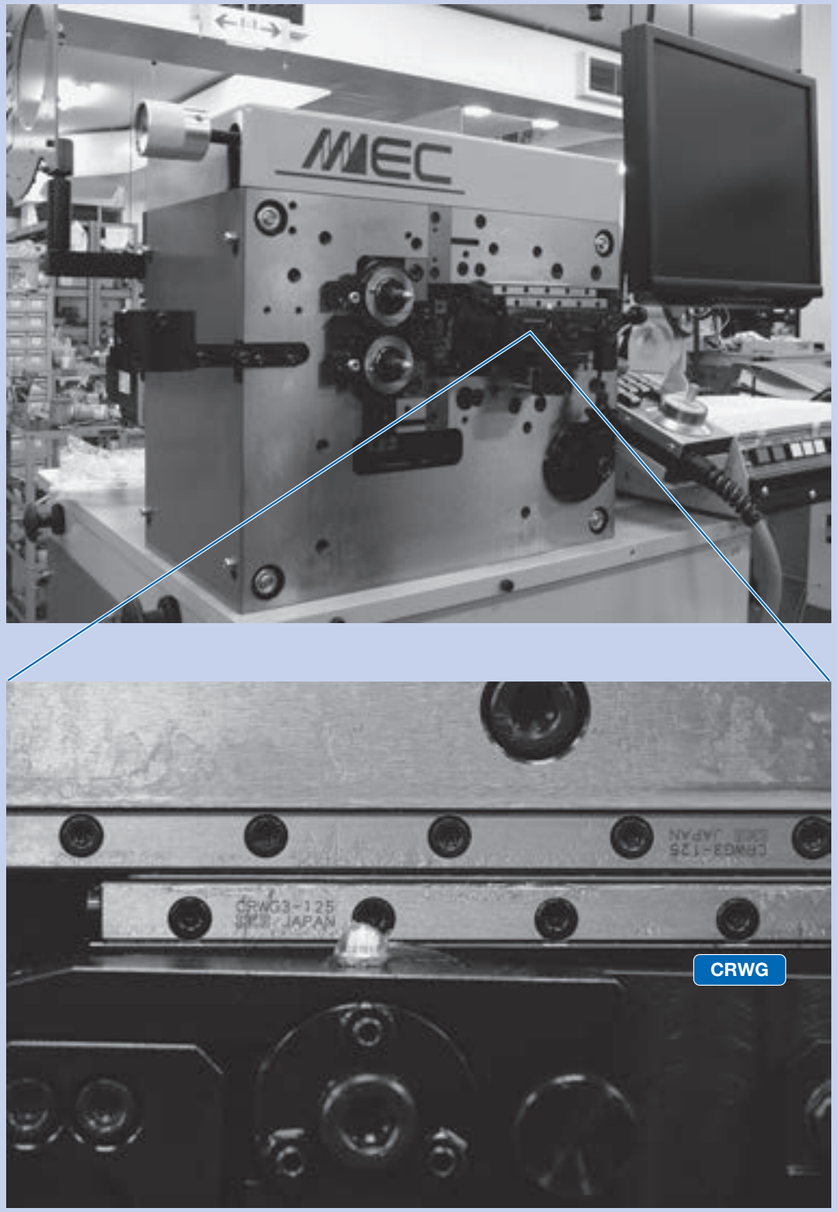
齿轮检查装置

CRWG



弹簧成形机

CRWG

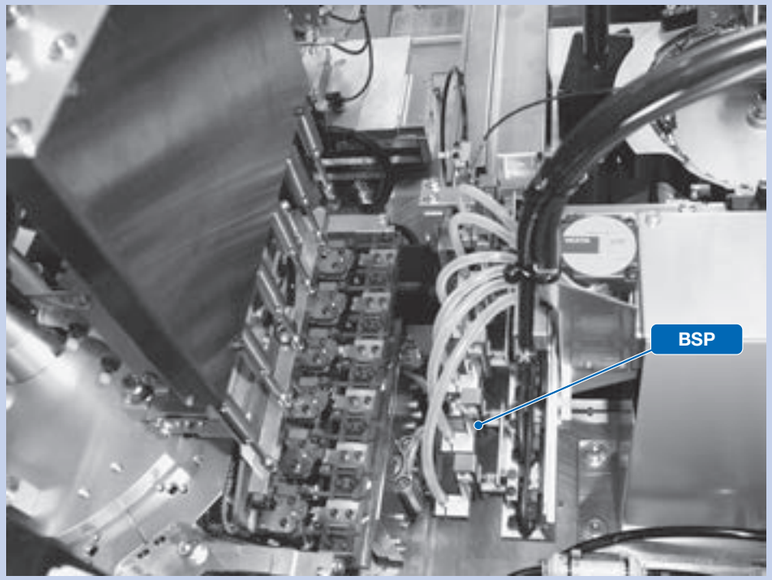


锂电池卷绕机

LSAG

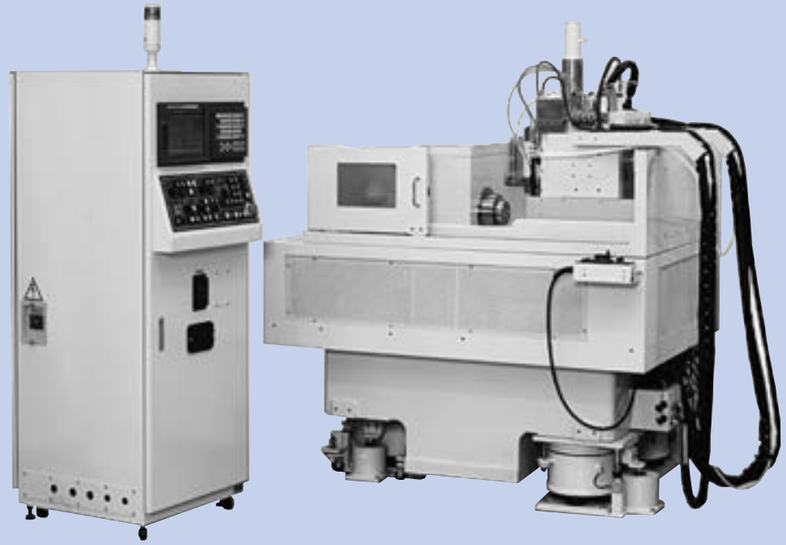
卷线机

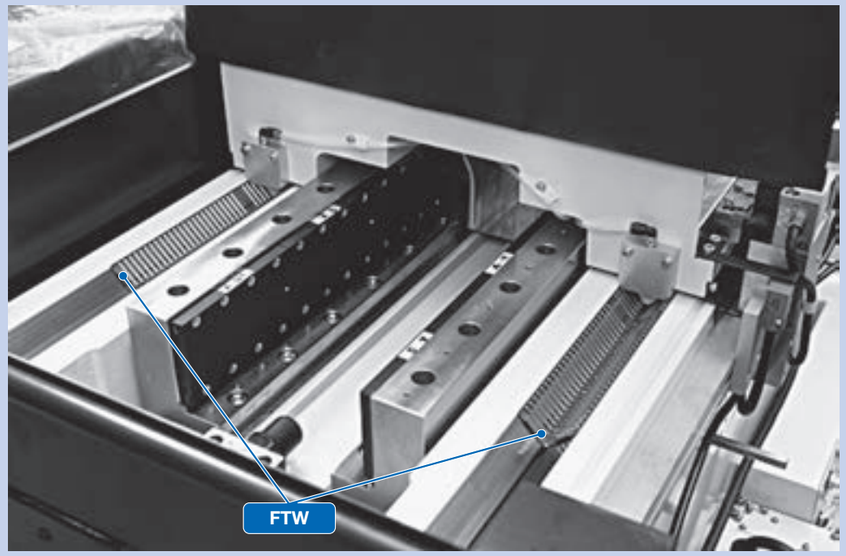
BSP



精密加工机械

FTW



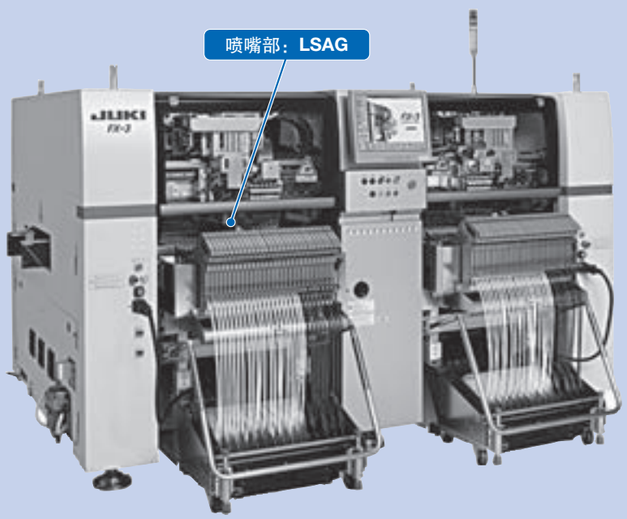


高速模块封装机

LSAG

贴片机

LSAG

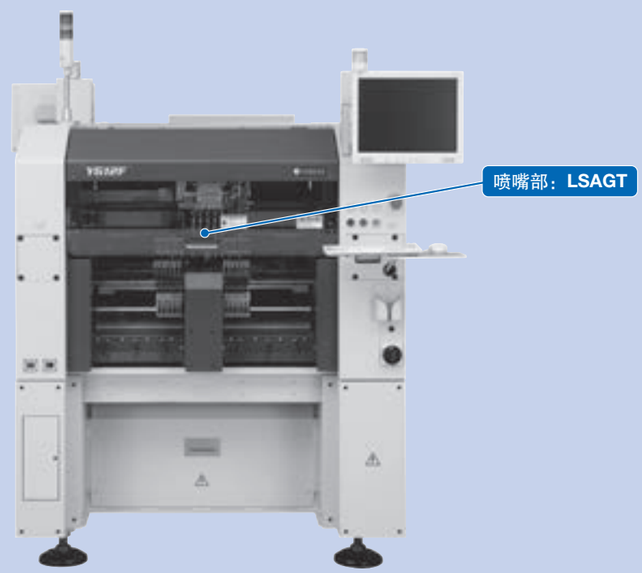


贴片机

LSAGT、BK

贴片机

LSAGT

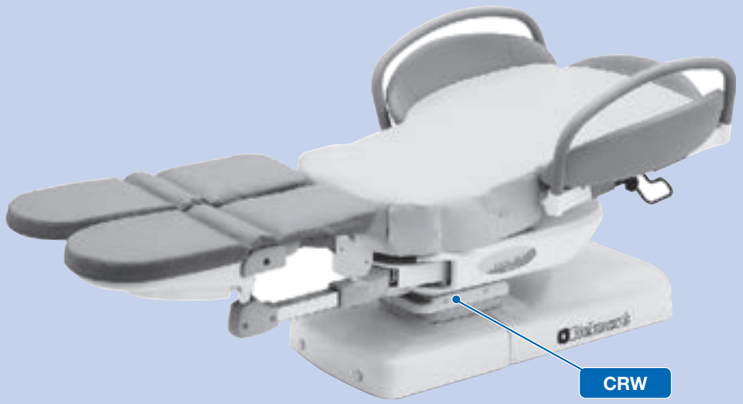


固晶机

CRW

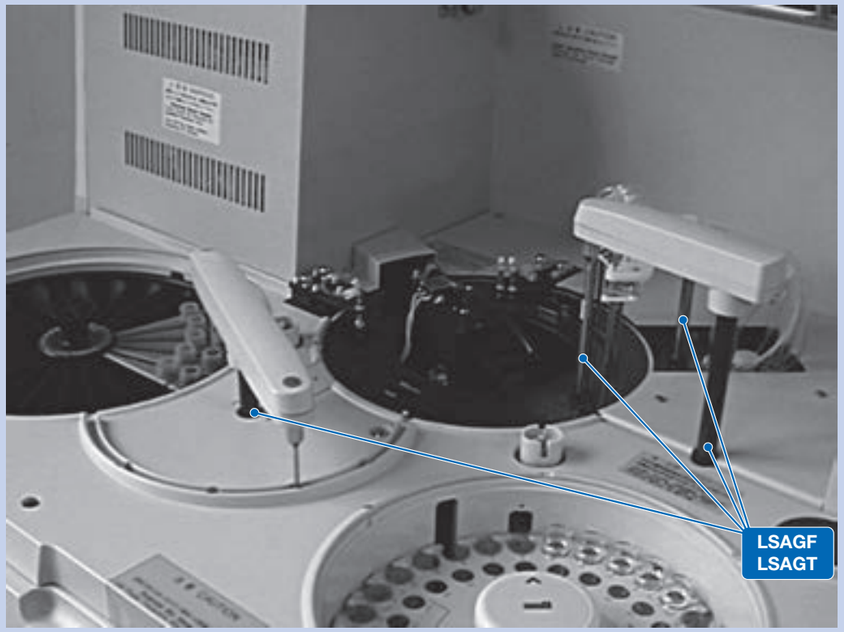
分娩台

CRW



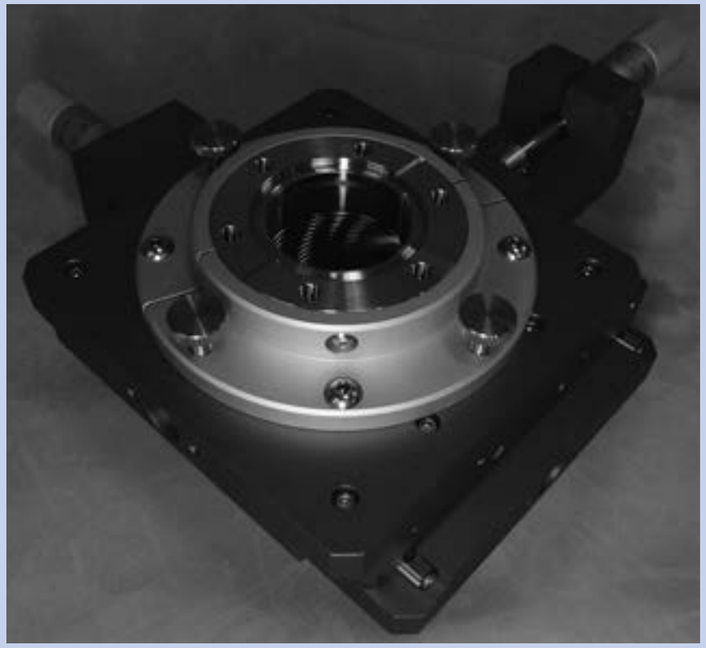
多功能小型自动分析装置

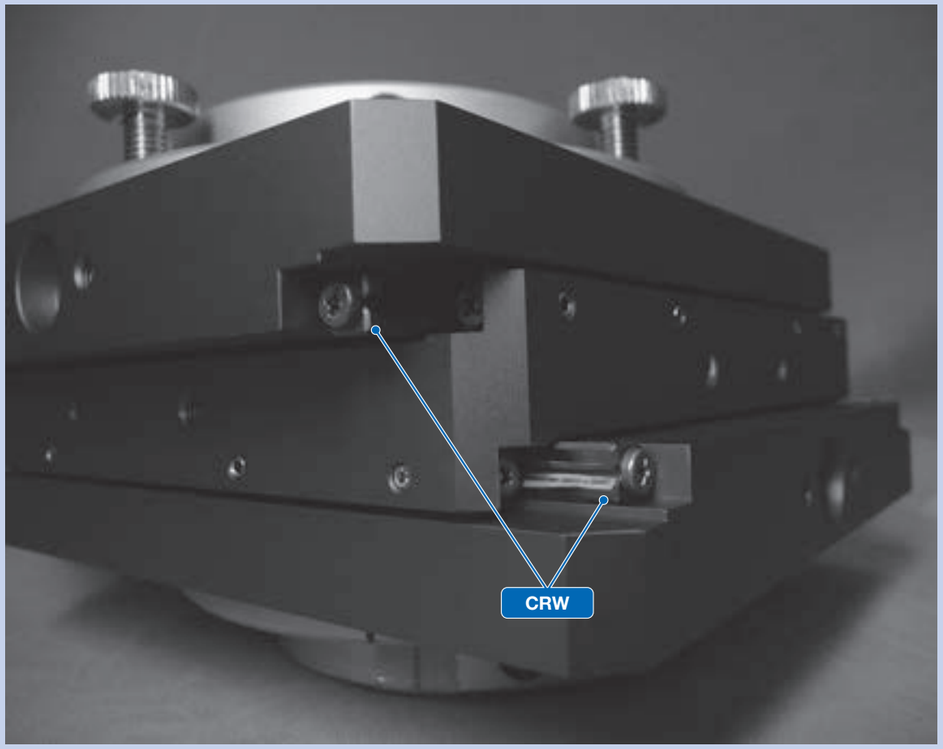
LSAGF、LSAGT



操作器

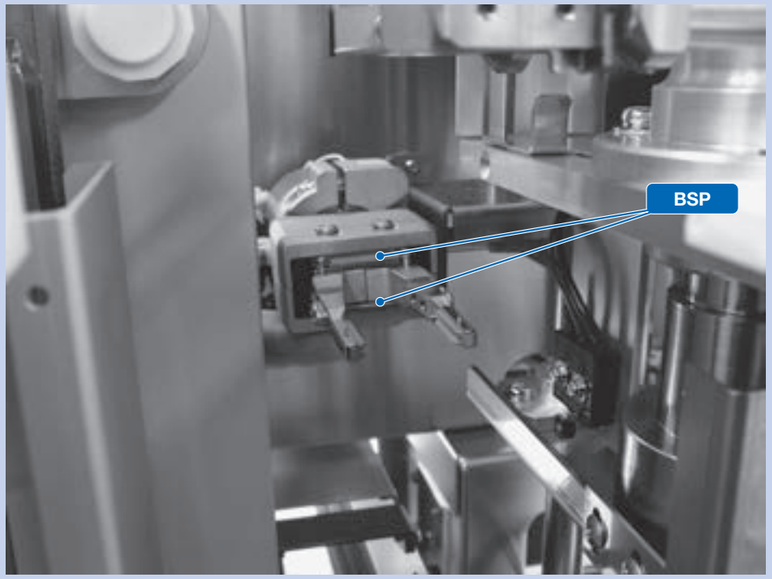
CRW





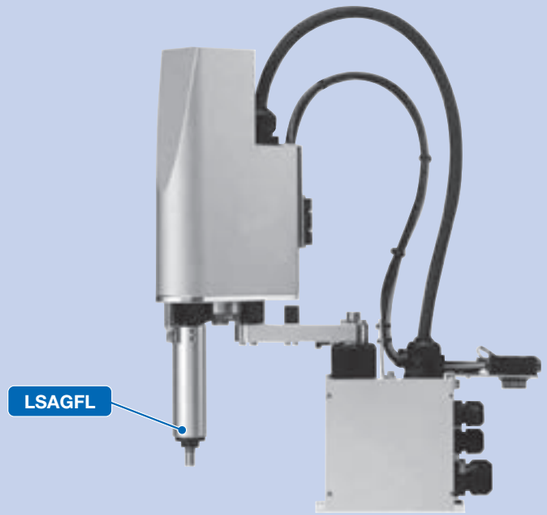
显微镜标本自动包埋机

BSP



水平多关节机械手

LSAGFL

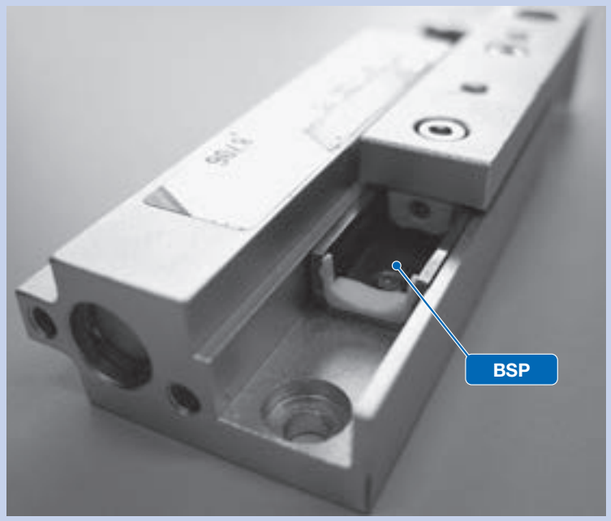


数位磁力尺

STSI

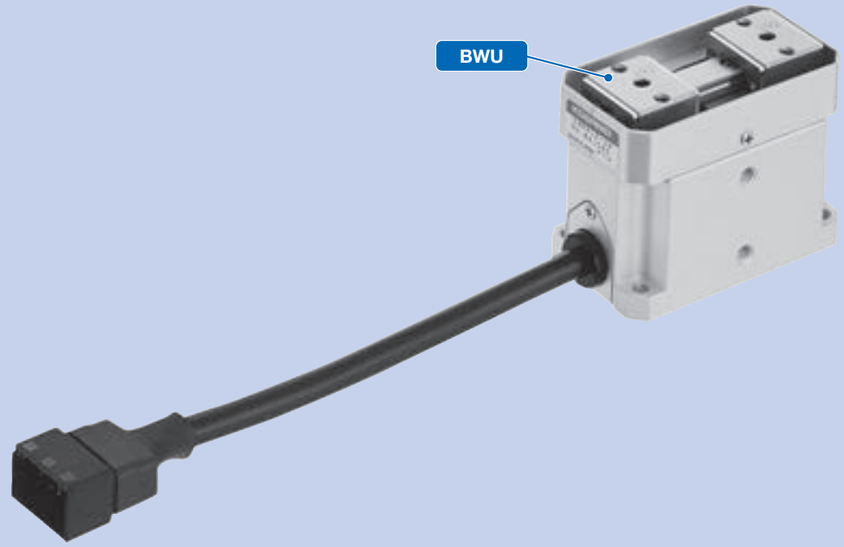
微型滑台

BSP



电动夹头

BWU



直接驱动电动气缸

MAGL

附表

●单位的换算表

SI、CGS单位制及工程单位制的对照表

量 / 单位制	长 度	质 量	时 间	加速度	力	应力、压力	能量	功率	温 度	粘 度	动粘度	磁通量	磁通密度	磁场强度
SI	m	kg	s	m/s^2	N	Pa	J	W	K	Pa · s	m^2/s	Wb	T	A/m
CGS	cm	g	s	Gal	dyn	dyn/cm^2	erg	erg/s	℃	P	St	Mx	Gs	Oe
工程	m	$kgf \cdot s^2/m$	s	m/s^2	kgf	kgf/m^2	kgf · m	kgf · m/s	℃	$kgf \cdot s/m^2$	m^2/s	-	-	-

SI单位制的换算

量	单 位 的 名 称	代 号	SI单位的换算率	SI单 位 的 名 称	代 号
角 度	度 分 秒	° ′ ″	π/180 π/10 800 π/648 000	弧度	rad
长 度	米 微米 埃 X射线单位 海里	m μ Å n mile	1 10^{-6} 10^{-10} $\approx 1.002\ 08 \times 10^{-13}$ 1852	米	m
面 积	平方米 公亩 公顷	m^2 a ha	1 10^2 10^4	平方米	m^2
体 积	立方米 公升	m^3 l, L	1 10^{-3}	立方米	m^3
质 量	千克 吨 原子质量单位	kg t u	1 10^3 $\approx 1.660\ 57 \times 10^{-27}$	千克	kg
时 间	秒 分 时 天	s min h d	1 60 3 600 86 400	秒	s
速 度	米每秒 海里	m/s kn	1 1 852/3 600	米每秒	m/s
频率及振动频率	周	s^{-1}	1	赫兹	Hz
转 速	次每分钟	rpm	1/60	每秒	s^{-1}
角 速 度	弧度每秒	rad/s	1	弧度每秒	rad/s
加 速 度	米/秒2 g	m/s^2 G	1 9.806 65	米/秒2	m/s^2
力	千克力 吨力 达因	kgf tf dyn	9.806 65 9 806.65 10^{-5}	牛顿	N
力 矩	千克力米	kgf · m	9.806 65	牛顿米	N · m
应力及压力	千克力每平方米 千克力每平方厘米 千克力每平方毫米	kgf/m^2 kgf/cm^2 kgf/mm^2	9.806 65 $9.806\ 65 \times 10^4$ $9.806\ 65 \times 10^6$	帕斯卡	Pa
压 力	米水柱 毫米汞柱 托 标准大气压 巴	mH_2O mmHg Torr atm bar	9 806.65 101 325/760 101 325/760 101 325 10^5	帕斯卡	Pa
能 量	尔格 国际蒸汽表卡 千克力米 千瓦小时 马力小时 电子伏特	erg cal_{IT} kgf · m kW · h PS · h eV	10^{-7} 4.186 8 9.806 65 3.600×10^6 $\approx 2.647\ 79 \times 10^6$ $\approx 1.602\ 19 \times 10^{-19}$	焦耳	J
功率及动力	瓦特 公制马力 千克力米每秒	W PS kgf · m/s	1 ≈735.5 9.806 65	瓦特	W
粘 度	泊 厘泊 千克力秒每平方米	P cP $kgf \cdot s/m^2$	10^{-1} 10^{-3} 9.806 65	帕秒	Pa · s
动 粘 度	沲 厘沲	St cSt	10^{-4} 10^{-6}	平方米每秒	m^2/s
温 度	度	℃	+273.15	开尔文	K
放 射 能	居里	Ci	3.7×10^{10}	贝克勒尔	Bq
照 射 量	伦琴	R	2.58×10^{-4}	库伦每千克	C/kg
吸 收 剂 量	拉德	rad	10^{-2}	戈	Gy
当 量 剂 量	雷姆	rem	10^{-2}	希沃特	Sv
磁 通 量	麦克斯韦	Mx	10^{-8}	韦伯	Wb
磁 通 密 度	伽玛 高斯	γ Gs	10^{-9} 10^{-4}	特斯拉	T
磁 场 强 度	奥斯特	Oe	$10^3/4\pi$	安培每米	A/m
电 量	库伦	C	1	库伦	C
电 势	伏特	V	1	伏特	V
静 电 电 容	法拉	F	1	法拉	F
电 阻	欧姆	Ω	1	欧姆	Ω
电 导	西门子	S	1	西门子	S
电 感	亨利	H	1	亨利	H
电 流	安培	A	1	安培	A

●inch-mm換算表

1 inch=25.4mm

inch 分数	inch 小数	0″	1″	2″	3″	4″	5″	6″	7″	8″
	0		25.400	50.800	76.200	101.600	127.000	152.400	177.800	203.200
1 / 64″	0.015625	0.397	25.797	51.197	76.597	101.997	127.397	152.797	178.197	203.597
1 / 32″	0.031250	0.794	26.194	51.594	76.994	102.394	127.794	153.194	178.594	203.994
3 / 64″	0.046875	1.191	26.591	51.991	77.391	102.791	128.191	153.591	178.991	204.391
1 / 16″	0.062500	1.588	26.988	52.388	77.788	103.188	128.588	153.988	179.388	204.788
5 / 64″	0.078125	1.984	27.384	52.784	78.184	103.584	128.984	154.384	179.784	205.184
3 / 32″	0.093750	2.381	27.781	53.181	78.581	103.981	129.381	154.781	180.181	205.581
7 / 64″	0.109375	2.778	28.178	53.578	78.978	104.378	129.778	155.178	180.578	205.978
1 / 8″	0.125000	3.175	28.575	53.975	79.375	104.775	130.175	155.575	180.975	206.375
9 / 64″	0.140625	3.572	28.972	54.372	79.772	105.172	130.572	155.972	181.372	206.772
5 / 32″	0.156250	3.969	29.369	54.769	80.169	105.569	130.969	156.369	181.769	207.169
11 / 64″	0.171875	4.366	29.766	55.166	80.566	105.966	131.366	156.766	182.166	207.566
3 / 16″	0.187500	4.762	30.162	55.562	80.962	106.362	131.762	157.162	182.562	207.962
13 / 64″	0.203125	5.159	30.559	55.959	81.359	106.759	132.159	157.559	182.959	208.359
7 / 32″	0.218750	5.556	30.956	56.356	81.756	107.156	132.556	157.956	183.356	208.756
15 / 64″	0.234375	5.953	31.353	56.753	82.153	107.553	132.953	158.353	183.753	209.153
1 / 4″	0.250000	6.350	31.750	57.150	82.550	107.950	133.350	158.750	184.150	209.550
17 / 64″	0.265625	6.747	32.147	57.547	82.947	108.347	133.747	159.147	184.547	209.947
9 / 32″	0.281250	7.144	32.544	57.944	83.344	108.744	134.144	159.544	184.944	210.344
19 / 64″	0.296875	7.541	32.941	58.341	83.741	109.141	134.541	159.941	185.341	210.741
5 / 16″	0.312500	7.938	33.338	58.738	84.138	109.538	134.938	160.338	185.738	211.138
21 / 64″	0.328125	8.334	33.734	59.134	84.534	109.934	135.334	160.734	186.134	211.534
11 / 32″	0.343750	8.731	34.131	59.531	84.931	110.331	135.731	161.131	186.531	211.931
23 / 64″	0.359375	9.128	34.528	59.928	85.328	110.728	136.128	161.528	186.928	212.328
3 / 8″	0.375000	9.525	34.925	60.325	85.725	111.125	136.525	161.925	187.325	212.725
25 / 64″	0.390625	9.922	35.322	60.722	86.122	111.522	136.922	162.322	187.722	213.122
13 / 32″	0.406250	10.319	35.719	61.119	86.519	111.919	137.319	162.719	188.119	213.519
27 / 64″	0.421875	10.716	36.116	61.516	86.916	112.316	137.716	163.116	188.516	213.916
7 / 16″	0.437500	11.112	36.512	61.912	87.312	112.712	138.112	163.512	188.912	214.312
29 / 64″	0.453125	11.509	36.909	62.309	87.709	113.109	138.509	163.909	189.309	214.709
15 / 32″	0.468750	11.906	37.306	62.706	88.106	113.506	138.906	164.306	189.706	215.106
31 / 64″	0.484375	12.303	37.703	63.103	88.503	113.903	139.303	164.703	190.103	215.503
1 / 2″	0.500000	12.700	38.100	63.500	88.900	114.300	139.700	165.100	190.500	215.900

1 inch=25.4mm

inch 分数	inch 小数	0″	1″	2″	3″	4″	5″	6″	7″	8″
33 / 64″	0.515625	13.097	38.497	63.897	89.297	114.697	140.097	165.497	190.897	216.297
17 / 32″	0.531250	13.494	38.894	64.294	89.694	115.094	140.494	165.894	191.294	216.694
35 / 64″	0.546875	13.891	39.291	64.691	90.091	115.491	140.891	166.291	191.691	217.091
9 / 16″	0.562500	14.288	39.688	65.088	90.488	115.888	141.288	166.688	192.088	217.488
37 / 64″	0.578125	14.684	40.084	65.484	90.884	116.284	141.684	167.084	192.484	217.884
19 / 32″	0.593750	15.081	40.481	65.881	91.281	116.681	142.081	167.481	192.881	218.281
39 / 64″	0.609375	15.478	40.878	66.278	91.678	117.078	142.478	167.878	193.278	218.678
5 / 8″	0.625000	15.875	41.275	66.675	92.075	117.475	142.875	168.275	193.675	219.075
41 / 64″	0.640625	16.272	41.672	67.072	92.472	117.872	143.272	168.672	194.072	219.472
21 / 32″	0.656250	16.669	42.069	67.469	92.869	118.269	143.669	169.069	194.469	219.869
43 / 64″	0.671875	17.066	42.466	67.866	93.266	118.666	144.066	169.466	194.866	220.266
11 / 16″	0.687500	17.462	42.862	68.262	93.662	119.062	144.462	169.862	195.262	220.662
45 / 64″	0.703125	17.859	43.259	68.659	94.059	119.459	144.859	170.259	195.659	221.059
23 / 32″	0.718750	18.256	43.656	69.056	94.456	119.856	145.256	170.656	196.056	221.456
47 / 64″	0.734375	18.653	44.053	69.453	94.853	120.253	145.653	171.053	196.453	221.853
3 / 4″	0.750000	19.050	44.450	69.850	95.250	120.650	146.050	171.450	196.850	222.250
49 / 64″	0.765625	19.447	44.847	70.247	95.647	121.047	146.447	171.847	197.247	222.647
25 / 32″	0.781250	19.844	45.244	70.644	96.044	121.444	146.844	172.244	197.644	223.044
51 / 64″	0.796875	20.241	45.641	71.041	96.441	121.841	147.241	172.641	198.041	223.441
13 / 16″	0.812500	20.638	46.038	71.438	96.838	122.238	147.638	173.038	198.438	223.838
53 / 64″	0.828125	21.034	46.434	71.834	97.234	122.634	148.034	173.434	198.834	224.234
27 / 32″	0.843750	21.431	46.831	72.231	97.631	123.031	148.431	173.831	199.231	224.631
55 / 64″	0.859375	21.828	47.228	72.628	98.028	123.428	148.828	174.228	199.628	225.028
7 / 8″	0.875000	22.225	47.625	73.025	98.425	123.825	149.225	174.625	200.025	225.425
57 / 64″	0.890625	22.622	48.022	73.422	98.822	124.222	149.622	175.022	200.422	225.822
29 / 32″	0.906250	23.019	48.419	73.819	99.219	124.619	150.019	175.419	200.819	226.219
59 / 64″	0.921875	23.416	48.816	74.216	99.616	125.016	150.416	175.816	201.216	226.616
15 / 16″	0.937500	23.812	49.212	74.612	100.012	125.412	150.812	176.212	201.612	227.012
61 / 64″	0.953125	24.209	49.609	75.009	100.409	125.809	151.209	176.609	202.009	227.409
31 / 32″	0.968750	24.606	50.006	75.406	100.806	126.206	151.606	177.006	202.406	227.806
63 / 64″	0.984375	25.003	50.403	75.803	101.203	126.603	152.003	177.403	202.803	228.203

●硬度换算表(参考)

洛氏 C标准硬度 负荷1471N HRC	维氏硬度 HV	布氏硬度 标准球	布氏硬度 碳化钨球	洛氏硬度 A标准 负荷588.4N 金刚石锥形压头	洛氏硬度 B标准 负荷980.7N 直径1/16in球	肖氏硬度 HS
68	940	–	–	85.6	–	97
67	900	–	–	85.0	–	95
66	865	–	–	84.5	–	92
65	832	–	(739)	83.9	–	91
64	800	–	(722)	83.4	–	88
63	772	–	(705)	82.8	–	87
62	746	–	(688)	82.3	–	85
61	720	–	(670)	81.8	–	83
60	697	–	(654)	81.2	–	81
59	674	–	(634)	80.7	–	80
58	653	–	615	80.1	–	78
57	633	–	595	79.6	–	76
56	613	–	577	79.0	–	75
55	595	–	560	78.5	–	74
54	577	–	543	78.0	–	72
53	560	–	525	77.4	–	71
52	544	(500)	512	76.8	–	69
51	528	(487)	496	76.3	–	68
50	513	(475)	481	75.9	–	67
49	498	(464)	469	75.2	–	66
48	484	451	455	74.7	–	64
47	471	442	443	74.1	–	63
46	458	432	432	73.6	–	62
45	446	421	421	73.1	–	60
44	434	409	409	72.5	–	58
43	423	400	400	72.0	–	57
42	412	390	390	71.5	–	56
41	402	381	381	70.9	–	55
40	392	371	371	70.4	–	54
39	382	362	362	69.9	–	52

洛氏 C标准硬度 负荷1471N HRC	维氏硬度 HV	布氏硬度 标准球	布氏硬度 碳化钨球	洛氏硬度 A标准 负荷588.4N 金刚石锥形压头	洛氏硬度 B标准 负荷980.7N 直径1/16in球	肖氏硬度 HS
38	372	353	353	69.4	–	51
37	363	344	344	68.9	–	50
36	354	336	336	68.4	(109.0)	49
35	345	327	327	67.9	(108.5)	48
34	336	319	319	67.4	(108.0)	47
33	327	311	311	66.8	(107.5)	46
32	318	301	301	66.3	(107.0)	44
31	310	294	294	65.8	(106.0)	43
30	302	286	286	65.3	(105.5)	42
29	294	279	279	64.7	(104.5)	41
28	286	271	271	64.3	(104.0)	41
27	279	264	264	63.8	(103.0)	40
26	272	258	258	63.3	(102.5)	38
25	266	253	253	62.8	(101.5)	38
24	260	247	247	62.4	(101.0)	37
23	254	243	243	62.0	100.0	36
22	248	237	237	61.5	99.0	35
21	243	231	231	61.0	98.5	35
20	238	226	226	60.5	97.8	34
(18)	230	219	219	–	96.7	33
(16)	222	212	212	–	95.5	32
(14)	213	203	203	–	93.9	31
(12)	204	194	194	–	92.3	29
(10)	196	187	187	–	90.7	28
(8)	188	179	179	–	89.5	27
(6)	180	171	171	–	87.1	26
(4)	173	165	165	–	85.5	25
(2)	166	158	158	–	83.5	24
(0)	160	152	152	–	81.7	24

●轴的尺寸容许公差

单位 μm

直径的分类 mm		b12		c12		d6		e6		e12		f5		f6		g5	
超过	以下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
–	3	-140	-240	-60	-160	-20	-26	-14	-20	-14	-114	-6	-10	-6	-12	-2	-6
3	6	-140	-260	-70	-190	-30	-38	-20	-28	-20	-140	-10	-15	-10	-18	-4	-9
6	10	-150	-300	-80	-230	-40	-49	-25	-34	-25	-175	-13	-19	-13	-22	-5	-11
10	18	-150	-330	-95	-275	-50	-61	-32	-43	-32	-212	-16	-24	-16	-27	-6	-14
18	30	-160	-370	-110	-320	-65	-78	-40	-53	-40	-250	-20	-29	-20	-33	-7	-16
30	40	-170	-420	-120	-370	-80	-96	-50	-66	-50	-300	-25	-36	-25	-41	-9	-20
40	50	-180	-430	-130	-380												
50	65	-190	-490	-140	-440	-100	-119	-60	-79	-60	-360	-30	-43	-30	-49	-10	-23
65	80	-200	-500	-150	-450												
80	100	-220	-570	-170	-520	-120	-142	-72	-94	-72	-422	-36	-51	-36	-58	-12	-27
100	120	-240	-590	-180	-530												
120	140	-260	-660	-200	-600	-145	-170	-85	-110	-85	-485	-43	-61	-43	-68	-14	-32
140	160	-280	-680	-210	-610												
160	180	-310	-710	-230	-630												
180	200	-340	-800	-240	-700	-170	-199	-100	-129	-100	-560	-50	-70	-50	-79	-15	-35
200	225	-380	-840	-260	-720												
225	250	-420	-880	-280	-740												
250	280	-480	-1000	-300	-820	-190	-222	-110	-142	-110	-630	-56	-79	-56	-88	-17	-40
280	315	-540	-1060	-330	-850												
315	355	-600	-1170	-360	-930	-210	-246	-125	-161	-125	-695	-62	-87	-62	-98	-18	-43
355	400	-680	-1250	-400	-970												
400	450	-760	-1390	-440	-1070	-230	-270	-135	-175	-135	-765	-68	-95	-68	-108	-20	-47
450	500	-840	-1470	-480	-1110												

g6		h5		h6		h7		h8		h9		h10		h11		直径的分类 mm	
上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	超过	以下
-2	-8	0	-4	0	-6	0	-10	0	-14	0	-25	0	-40	0	-60	–	3
-4	-12	0	-5	0	-8	0	-12	0	-18	0	-30	0	-48	0	-75	3	6
-5	-14	0	-6	0	-9	0	-15	0	-22	0	-36	0	-58	0	-90	6	10
-6	-17	0	-8	0	-11	0	-18	0	-27	0	-43	0	-70	0	-110	10	18
-7	-20	0	-9	0	-13	0	-21	0	-33	0	-52	0	-84	0	-130	18	30
-9	-25	0	-11	0	-16	0	-25	0	-39	0	-62	0	-100	0	-160	30	40
																40	50
-10	-29	0	-13	0	-19	0	-30	0	-46	0	-74	0	-120	0	-190	50	65
																65	80
-12	-34	0	-15	0	-22	0	-35	0	-54	0	-87	0	-140	0	-220	80	100
																100	120
-14	-39	0	-18	0	-25	0	-40	0	-63	0	-100	0	-160	0	-250	120	140
																140	160
																160	180
-15	-44	0	-20	0	-29	0	-46	0	-72	0	-115	0	-185	0	-290	180	200
																200	225
																225	250
-17	-49	0	-23	0	-32	0	-52	0	-81	0	-130	0	-210	0	-320	250	280
																280	315
-18	-54	0	-25	0	-36	0	-57	0	-89	0	-140	0	-230	0	-360	315	355
																355	400
-20	-60	0	-27	0	-40	0	-63	0	-97	0	-155	0	-250	0	-400	400	450
																450	500

直径的分类 mm		h12		js5		j5		js6		j6		j7		k5		k6	
超过	以下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
–	3	0	-100	+2	-2	+2	-2	+3	-3	+4	-2	+6	-4	+4	0	+6	0
3	6	0	-120	+2.5	-2.5	+3	-2	+4	-4	+6	-2	+8	-4	+6	+1	+9	+1
6	10	0	-150	+3	-3	+4	-2	+4.5	-4.5	+7	-2	+10	-5	+7	+1	+10	+1
10	18	0	-180	+4	-4	+5	-3	+5.5	-5.5	+8	-3	+12	-6	+9	+1	+12	+1
18	30	0	-210	+4.5	-4.5	+5	-4	+6.5	-6.5	+9	-4	+13	-8	+11	+2	+15	+2
30	40	0	-250	+5.5	-5.5	+6	-5	+8	-8	+11	-5	+15	-10	+13	+2	+18	+2
40	50																
50	65	0	-300	+6.5	-6.5	+6	-7	+9.5	-9.5	+12	-7	+18	-12	+15	+2	+21	+2
65	80																
80	100	0	-350	+7.5	-7.5	+6	-9	+11	-11	+13	-9	+20	-15	+18	+3	+25	+3
100	120																
120	140	0	-400	+9	-9	+7	-11	+12.5	-12.5	+14	-11	+22	-18	+21	+3	+28	+3
140	160																
160	180																
180	200	0	-460	+10	-10	+7	-13	+14.5	-14.5	+16	-13	+25	-21	+24	+4	+33	+4
200	225																
225	250																
250	280	0	-520	+11.5	-11.5	+7	-16	+16	-16	+16	-16	+26	-26	+27	+4	+36	+4
280	315																
315	355	0	-570	+12.5	-12.5	+7	-18	+18	-18	+18	-18	+29	-28	+29	+4	+40	+4
355	400																
400	450	0	-630	+13.5	-13.5	+7	-20	+20	-20	+20	-20	+31	-32	+32	+5	+45	+5
450	500																

单位 μm

m5		m6		n5		n6		p6		直径的分类 mm	
上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	超过	以下
+6	+2	+8	+2	+8	+4	+10	+4	+12	+6	–	3
+9	+4	+12	+4	+13	+8	+16	+8	+20	+12	3	6
+12	+6	+15	+6	+16	+10	+19	+10	+24	+15	6	10
+15	+7	+18	+7	+20	+12	+23	+12	+29	+18	10	18
+17	+8	+21	+8	+24	+15	+28	+15	+35	+22	18	30
+20	+9	+25	+9	+28	+17	+33	+17	+42	+26	30	40
										40	50
+24	+11	+30	+11	+33	+20	+39	+20	+51	+32	50	65
										65	80
+28	+13	+35	+13	+38	+23	+45	+23	+59	+37	80	100
										100	120
+33	+15	+40	+15	+45	+27	+52	+27	+68	+43	120	140
										140	160
										160	180
+37	+17	+46	+17	+51	+31	+60	+31	+79	+50	180	200
										200	225
										225	250
+43	+20	+52	+20	+57	+34	+66	+34	+88	+56	250	280
										280	315
+46	+21	+57	+21	+62	+37	+73	+37	+98	+62	315	355
										355	400
+50	+23	+63	+23	+67	+40	+80	+40	+108	+68	400	450
										450	500

●轴承座孔的尺寸容许公差

单位 μm

直径的分类 mm		B12		E7		E11		E12		F6		F7		G6		G7	
超过	以下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
–	3	+240	+140	+24	+14	+74	+14	+114	+14	+12	+6	+16	+6	+8	+2	+12	+2
3	6	+260	+140	+32	+20	+95	+20	+140	+20	+18	+10	+22	+10	+12	+4	+16	+4
6	10	+300	+150	+40	+25	+115	+25	+175	+25	+22	+13	+28	+13	+14	+5	+20	+5
10	18	+330	+150	+50	+32	+142	+32	+212	+32	+27	+16	+34	+16	+17	+6	+24	+6
18	30	+370	+160	+61	+40	+170	+40	+250	+40	+33	+20	+41	+20	+20	+7	+28	+7
30	40	+420	+170	+75	+50	+210	+50	+300	+50	+41	+25	+50	+25	+25	+9	+34	+9
40	50	+430	+180														
50	65	+490	+190	+90	+60	+250	+60	+360	+60	+49	+30	+60	+30	+29	+10	+40	+10
65	80	+500	+200														
80	100	+570	+220	+107	+72	+292	+72	+422	+72	+58	+36	+71	+36	+34	+12	+47	+12
100	120	+590	+240														
120	140	+660	+260	+125	+85	+335	+85	+485	+85	+68	+43	+83	+43	+39	+14	+54	+14
140	160	+680	+280														
160	180	+710	+310														
180	200	+800	+340	+146	+100	+390	+100	+560	+100	+79	+50	+96	+50	+44	+15	+61	+15
200	225	+840	+380														
225	250	+880	+420														
250	280	+1000	+480	+162	+110	+430	+110	+630	+110	+88	+56	+108	+56	+49	+17	+69	+17
280	315	+1060	+540														
315	355	+1170	+600	+182	+125	+485	+125	+695	+125	+98	+62	+119	+62	+54	+18	+75	+18
355	400	+1250	+680														
400	450	+1390	+760	+198	+135	+535	+135	+765	+135	+108	+68	+131	+68	+60	+20	+83	+20
450	500	+1470	+840														

H6		H7		H8		H9		H10		H11		JS6		J6		直径的分类 mm	
上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	超过	以下
+6	0	+10	0	+14	0	+25	0	+40	0	+60	0	+3	−3	+2	−4	–	3
+8	0	+12	0	+18	0	+30	0	+48	0	+75	0	+4	−4	+5	−3	3	6
+9	0	+15	0	+22	0	+36	0	+58	0	+90	0	+4.5	−4.5	+5	−4	6	10
+11	0	+18	0	+27	0	+43	0	+70	0	+110	0	+5.5	−5.5	+6	−5	10	18
+13	0	+21	0	+33	0	+52	0	+84	0	+130	0	+6.5	−6.5	+8	−5	18	30
+16	0	+25	0	+39	0	+62	0	+100	0	+160	0	+8	−8	+10	−6	30	40
																40	50
+19	0	+30	0	+46	0	+74	0	+120	0	+190	0	+9.5	−9.5	+13	−6	50	65
																65	80
+22	0	+35	0	+54	0	+87	0	+140	0	+220	0	+11	−11	+16	−6	80	100
																100	120
+25	0	+40	0	+63	0	+100	0	+160	0	+250	0	+12.5	−12.5	+18	−7	120	140
																140	160
																160	180
+29	0	+46	0	+72	0	+115	0	+185	0	+290	0	+14.5	−14.5	+22	−7	180	200
																200	225
																225	250
+32	0	+52	0	+81	0	+130	0	+210	0	+320	0	+16	−16	+25	−7	250	280
																280	315
+36	0	+57	0	+89	0	+140	0	+230	0	+360	0	+18	−18	+29	−7	315	355
																355	400
+40	0	+63	0	+97	0	+155	0	+250	0	+400	0	+20	−20	+33	−7	400	450
																450	500

直径的分类 mm		JS7		J7		K5		K6		K7		M6		M7		N6	
超过	以下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下
–	3	+5	−5	+4	−6	0	−4	0	−6	0	−10	−2	−8	−2	−12	−4	−10
3	6	+6	−6	+6	−6	0	−5	+2	−6	+3	−9	−1	−9	0	−12	−5	−13
6	10	+7	−7	+8	−7	+1	−5	+2	−7	+5	−10	−3	−12	0	−15	−7	−16
10	18	+9	−9	+10	−8	+2	−6	+2	−9	+6	−12	−4	−15	0	−18	−9	−20
18	30	+10	−10	+12	−9	+1	−8	+2	−11	+6	−15	−4	−17	0	−21	−11	−24
30	40	+12	−12	+14	−11	+2	−9	+3	−13	+7	−18	−4	−20	0	−25	−12	−28
40	50																
50	65	+15	−15	+18	−12	+3	−10	+4	−15	+9	−21	−5	−24	0	−30	−14	−33
65	80																
80	100	+17	−17	+22	−13	+2	−13	+4	−18	+10	−25	−6	−28	0	−35	−16	−38
100	120																
120	140	+20	−20	+26	−14	+3	−15	+4	−21	+12	−28	−8	−33	0	−40	−20	−45
140	160																
160	180																
180	200	+23	−23	+30	−16	+2	−18	+5	−24	+13	−33	−8	−37	0	−46	−22	−51
200	225																
225	250																
250	280	+26	−26	+36	−16	+3	−20	+5	−27	+16	−36	−9	−41	0	−52	−25	−57
280	315																
315	355	+28	−28	+39	−18	+3	−22	+7	−29	+17	−40	−10	−46	0	−57	−26	−62
355	400																
400	450	+31	−31	+43	−20	+2	−25	+8	−32	+18	−45	−10	−50	0	−63	−27	−67
450	500																

单位 μm

N7		P6		P7		R7		S7		直径的分类 mm	
上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	超过	以下
−4	−14	−6	−12	−6	−16	−10	−20	−14	−24	–	3
−4	−16	−9	−17	−8	−20	−11	−23	−15	−27	3	6
−4	−19	−12	−21	−9	−24	−13	−28	−17	−32	6	10
−5	−23	−15	−26	−11	−29	−16	−34	−21	−39	10	18
−7	−28	−18	−31	−14	−35	−20	−41	−27	−48	18	30
−8	−33	−21	−37	−17	−42	−25	−50	−34	−59	30	40
										40	50
−9	−39	−26	−45	−21	−51	−30	−60	−42	−72	50	65
						−32	−62	−48	−78	65	80
−10	−45	−30	−52	−24	−59	−38	−73	−58	−93	80	100
						−41	−76	−66	−101	100	120
−12	−52	−36	−61	−28	−68	−48	−88	−77	−117	120	140
						−50	−90	−85	−125	140	160
						−53	−93	−93	−133	160	180
−14	−60	−41	−70	−33	−79	−60	−106	−105	−151	180	200
						−63	−109	−113	−159	200	225
						−67	−113	−123	−169	225	250
−14	−66	−47	−79	−36	−88	−74	−126	−138	−190	250	280
						−78	−130	−150	−202	280	315
−16	−73	−51	−87	−41	−98	−87	−144	−169	−226	315	355
						−93	−150	−187	−244	355	400
−17	−80	−55	−95	−45	−108	−103	−166	−209	−272	400	450
						−109	−172	−229	−292	450	500